

ДВУХЧАСТОТНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЛОКАТОР

М.А. Костина^{1,2}, Ю.В. Шульгина², Е.С. Солдатова²

¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: mashenkasoldatova@mail.ru

DUAL-FREQUENCY ULTRASONIC LOCATOR

M.A. Kostina¹, Yu.V. Shulgina², E.S. Soldatova²

¹Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

²National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. The article describes the new method for determining the time coordinate of the moment of arrival of the echo pulse. The essence of the method consists in sequential sounding of the well with signals of different frequencies and analysis of the received reflected signals.

Эхо-импульсные акустические локации получили широкое распространение в современной промышленности из-за своих преимуществ: достаточная точность, ограниченная длиной волны излучателя, бесконтактность, возможность измерять геометрические параметры объектов, большой динамический диапазон. Особенностью таких локации является возможное снижение точности определения расстояния, вследствие неправильного определения момента прихода отраженного импульса. При прохождении по волноводному акустическому тракту, сигнал искажается, происходит затягивание переднего фронта огибающей, вследствие задержки в распространении мод различных порядков [1]. Разработка универсального способа анализа акустического импульса, позволяющего получить информацию о глубине или расстоянии до объекта с надлежащей точностью, является актуальной задачей.

Суть нового способа состоит в излучении двух сигналов на разных частотах и измерении двух временных интервалов между излученным и принятым сигналом по моменту достижения сигналом установленного порогового значения (рис.1).

В результате имеем 2 временных координаты t_1 и t_2 , разница между которыми будет зависеть от зондирующих частот и от номера периода, в который произошло срабатывание компаратора. Относительно временных промежутков t_1 и t_2 строится расчет временного положения принятого эхо-импульса.

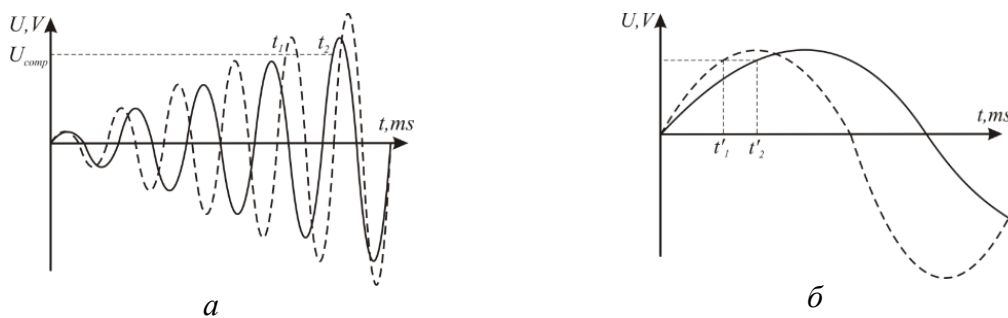


Рис. 1. Осциллограммы начальной части двух эхо-сигналов (сплошная линия – первый эхо-сигнал с периодом повторения T_2 , пунктирная линия – второй эхо-сигнал с периодом повторения T_1), а – момент срабатывания компаратора, б – результат выполнения корректировки, где U_{comp} – пороговое напряжение компаратора; t_1, t_2 – время срабатывания компаратора для 1 и 2 частоты соответственно; t'_1, t'_2 – временные интервалы после проведения корректировки

После измерения временных интервалов между излученным и принятым сигналами производят сравнение этих временных интервалов и их коррекцию в соответствии с выражением:

$$(\Delta t_1 - i \cdot T_1) - (\Delta t_2 - i \cdot T_2) = \min, \quad (1)$$

где T_1 – период колебаний первой ультразвуковой волны, T_2 – период колебаний второй ультразвуковой волны, i – номер коррекции, Δt_1 – первый измеренный временной интервал, Δt_2 – второй измеренный временной интервал. Выражение $(\Delta t_1 - i \cdot T_1)$ используют при определении расстояния до отражающей поверхности.

Погрешность измерения метода обусловлена фазой, в которую произошло срабатывание компаратора. Если срабатывание компаратора для сигналов двух разных частот происходит в одинаковом по счету периоде сигнала от момента его возникновения, то погрешность будет лежать в диапазоне $0 - T/4$. Для снижения погрешности следует увеличивать частоту излучаемого сигнала, однако это снижает диапазон измеряемых расстояний [2]. Другой вариант – введение фазовой коррекции в обработку данных. Определение фазы сигнала, в которой произошло срабатывание компаратора возможно по анализу сигнала на выходе компаратора. Рис. 2 поясняет принцип вычисления фазы сигнала, которая участвует в коррекции вычисленного расстояния.

Два действия позволяют достичь высокой точности, не оказывая существенного влияния на ресурс, потраченный на вычисление: определение временной координаты точки первого периода принятого сигнала, и фазовая корректировка найденной временной координаты [3].

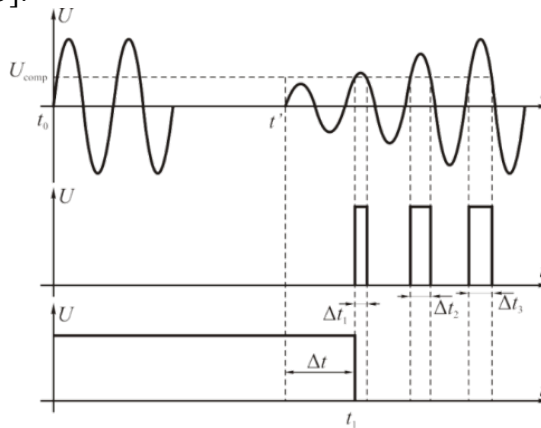


Рис. 2. Фазовая коррекция результата измерения на основе анализа сигнала на выходе компаратора

Время распространения сигнала при использовании фазовой коррекции будет вычисляться по формуле: $t_0 = (\Delta t_1 - i \cdot T_1) - t_k$, где t_k – коррекционный коэффициент, который пропорционален фазе сигнала в момент срабатывания компаратора: $t_k = \frac{T/2 - \Delta t}{2}$.

Описанный в статье метод двухчастотного зондирования при правильно выбранном пороговом напряжении и соотношении частот дает погрешность менее 1% от измеряемой глубины. Повысить точность акустических измерений при применении метода двухчастотного зондирования помогает введение фазовой коррекции в обработку принятых сигналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Thomenius K. Evolution of ultrasound beamformers // Proceedings of the IEEE Ultrasonics Symposium. – 1996. – vol.2. – P. 1615–1622.
2. Huang, S. S., Huang, C. F., Huang, K. N., & Young, M. S. A high accuracy ultrasonic distance measurement system using binary frequency shift-keyed signal and phase detection // Review of Scientific Instruments. – 2002. – vol.73. –no.10.–Article number 3671.

3. Shulgina Y.V., Starostin A.L., Kostina M.A., Soldatov A.I., Mylnikova T.S. Simulation of acoustic signals in a waveguide of circular cross section // Mechanical engineering, automation and control systems (MEACS): Proceedings of the International conference. – 2016. – Article number 7414918.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Д.А. Сорокин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: das97@tpu.ru

MEASURING SYSTEMS AND AUTOMATION OF CONTROL SYSTEMS

D.A. Sorokin

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. *This article provides definitions, structural schemes, types and purpose for automation control and measurement systems at nuclear power plants.*

Система – совокупность нематериальных и материальных, объединённых общими свойствами, признаками, назначением или условиями функционирования, которые при этом образуют единое целое. Автоматизированная система – система, включающая в себя объект управления и технические средства автоматизации. При этом часть функций управления выполняется человеком – оператором. Автоматическая система – система, объединяющая в себе объект управления и технические средства автоматизации, функционирующая при этом без участия человека. Система управления – система, представляющая собой совокупность аппаратных и программных средств и предназначенная для управления технологическими объектами (оптимизации или поддержания его работы). Автоматизированная система, обладающая обратной связью, и/или система, для которой не предусмотрено расширение, называются замкнутыми. Если после сбоя или отказа система способна вернуться к нормальной работе, её называют восстанавливаемой. Работу оператора в рамках автоматизированной системы обеспечивает комплекс программных и технических средств (предназначенных для поиска подготовки, редактирования и выдачи необходимых данных и документов), называемый автоматизированным рабочим местом оператора (АРМ). Автоматизированная система, предназначенная для управления различными объектами и объединяющая комплекс программных и технических средств, а также различные информационные и организационные средства, называется автоматизированной системой управления (АСУ). Автоматическая система управления – система, представляющая собой комплекс программных и технических средств, предназначенных для воздействия на один или несколько параметров объекта управления для оптимизации или поддержания его работы в определённом режиме, при чём воздействие на процесс или объект осуществляется без участия человека. Если система работает на поддержании заданного значения той или иной регулируемой величины, то она называется системой стабилизации или следящей системой. Если функционирование системы направлено на оптимизацию определённого критерия качества управления, то она называется системой автоматической оптимизации, или системой экстремального регулирования. Комплекс информационных, технических, технологических и программных средств (включающих в себя в том числе проектно-конструкторскую документацию), предназначенный для автоматизации процесса проектирования системы автоматизации, разработки проектно-конструкторской документации, называется системой автоматизированного проектирования (САПР).